

?s pn=jp 05281558

S2 1 PN=JP 05281558

?type 2/5/1

2/5/1

DIALOG(R)File 352:DERWENT WPI

(c)1999 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009686619

WPI Acc No: 93-380173/199348

XRAM Acc No: C93-168689

XRPX Acc No: N93-293547

High quality LCD element - has electrode and orientation film formed on opposing faces of substrate pair, held apart by peripheral seal, and display portion spacer

Patent Assignee: TOSHIBA KK (TOKE )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Main IPC Week

JP 5281558 A 19931029 JP 9282063 A 19920403 G02F-001/1339 199348 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9282063 A 19920403

Patent Details:

Patent Kind Lan Pg Filing Notes Application Patent

JP 5281558 A 10

Abstract (Basic): JP 5281558 A

Electrode and an orientation film are formed on opposing faces of a pair of substrates, kept at required distance by a seal at periphery, and a spacer on a display portion. Liquid crystal is inserted in the space. Side face of the spacer has orientation function.

ADVANTAGE - The element has high quality without using special material.

Dwg.0/9

Title Terms: HIGH; QUALITY; LCD; ELEMENT; ELECTRODE; ORIENT; FILM; FORMING;

OPPOSED; FACE; SUBSTRATE; PAIR; HELD; APART; PERIPHERAL; SEAL; DISPLAY;

PORTION; SPACE

Derwent Class: A85; L03; P81; P85; U14

International Patent Class (Main): G02F-001/1339

International Patent Class (Additional): G02F-001/1337; G09F-009/30

File Segment: CPI; EPI; EngPI

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-281558

(43)公開日 平成5年(1993)10月29日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/1339	5 0 0	7348-2K		
1/1337		9225-2K		
G 0 9 F 9/30	3 2 0	6447-5G		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 10 頁)

(21)出願番号 特願平4-82063

(22)出願日 平成4年(1992)4月3日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 長谷川 励

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 春原 一之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 宮城 武史

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

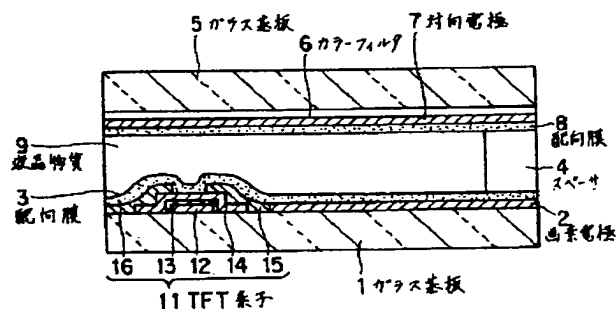
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示素子

(57)【要約】

【目的】 特殊な材料を用いることなく、基板間隔の均一性、高開口率、高表示品位の全てを実現する液晶表示素子、特にTN型またはSTN型の液晶表示素子を提供する。

【構成】 互いに対向する表面に電極および配向膜3、8が形成された一対の基板1、5を、基板の周縁部に設けられたシールおよび表示部に設けられたスペーサ4を介して所定間隔を隔てて保持し、基板間に液晶9を封入した液晶表示素子において、スペーサ4の側面が液晶配向能を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに対向する表面に電極および配向膜が形成された一対の基板を、この基板の周縁部に設けられたシールおよび表示部に設けられたスペーサを介して所定間隔を隔てて保持し、前記基板間に液晶を封入した液晶表示素子において、前記スペーサの側面が液晶配向能を有することを特徴とする液晶表示素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、液晶表示素子、より詳しくはツイステッドネマティック型表示方式またはスーパーツイステッドネマティック型表示方式の液晶表示素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 液晶表示素子は、一般に、互いに対向する表面に電極および配向膜が形成された一対の基板を、基板の周縁部に設けられたシールおよび表示部に設けられたスペーサを介して所定間隔を隔てて保持し、基板間に液晶を封入した構造を有している。このような液晶表示素子では、表示部において基板上に設けられた駆動用の電極から、配向膜を介して液晶へ電圧が印加される。

【0003】 前記スペーサは、表示部における基板間隔を均一に規定するために使用される。液晶表示素子の基板間隔は通常1～20 $\mu\text{m}$ に設定され、これを $\pm 0.1\mu\text{m}$ 程度の精度で均一に制御する必要がある。これは、基板間隔にばらつきが生じると、色むら、干渉縞などの表示品位の劣化原因となるばかりでなく、外力により基板間隔が狭められた際に電極が接触して回路損傷や表示不能などの不良の発生要因となるためである。このように、スペーサは液晶表示素子の性能保持のための重要な部材である。スペーサの素材としては、ガラスやシリカなどの無機系と、ポリスチレン系高分子や感光性ポリイミドなどの有機系とが用いられる。従来、スペーサの形成方法としては、粒子状スペーサを散布する方法と、フォトリソグラフィ技術を用いる方法が主に用いられている。

【0004】 最初に、現在の主流である、粒子状スペーサを散布する工程を含む液晶表示素子の製造方法を説明する。電極および配向膜が形成された一方の基板を用意し、配向膜の表面に、粒子状スペーサを有機溶媒に懸濁させた懸濁液を散布した後、溶媒を揮散させる。スペーサが散布された基板と、電極および配向膜が形成された他方の基板とを組み合わせ、周縁部をシール用接着剤でシールして液晶セルを形成する。この液晶セル内に液晶物質を充填した後、注入口を封口する。なお、シール用接着剤中に粒子状スペーサと同様の部材を混入する場合もある。

【0005】 しかし、この方法では、散布するスペーサの径が極めて小さいため、その径を制御するのが困難である。また、スペーサを均一に散布することも困難であ

り、スペーサが塊となって散布されることがある。スペーサの塊ができると、基板間ギャップが不均一になり、前述したように表示品位の劣化を招く。また、この方法は、大きさ数 $\mu\text{m}$ の粒子を散布するものであるため、それ自体が塵の発生源となり、クリーンルーム内での作業に適していない。

【0006】 そこで、これに替わる方法として開発されたものが、フォトリソグラフィ技術を用いてスペーサを形成する方法である。一例として、光硬化性樹脂を用いてスペーサを形成する工程を含む液晶表示素子の製造方法を説明する。電極および配向膜が形成された基板の上に、光硬化性樹脂層を形成する。露光用マスクを介して光を照射し、露光部分のみを選択的に硬化させた後、適当なエッチング液を用い、未露光部分を除去してスペーサを形成する。電極および配向膜が形成された他方の基板と組み合わせ、周縁部をシール用接着剤でシールして液晶セルを形成する。この液晶セル内に液晶物質を充填した後、注入口を封口する。なお、光硬化性樹脂の代わりに、光分解性樹脂が用いられることもある。また、スペーサ材料上にフォトリソグラフィ技術により一旦マスク材を形成し、このマスク材をマスクとしてスペーサ材料をエッチングする方法なども用いられる。

【0007】 この方法では、スペーサを特定の位置に形成できる。例えば、スペーサを配線上などの非画素部分にのみ配置すれば、スペーサによる光抜けを防止でき、表示品位が向上する。なお、熱硬化性樹脂にスペーサを混合して印刷する方法でもフォトリソグラフィ技術と同様な効果が期待できるが、精度や微細化の点ではフォトリソグラフィ技術に劣る。

【0008】 一方、現在広く用いられている液晶表示素子は素子内における液晶の配向状態によって、ツイステッドネマティック（TN）型とスーパーツイステッドネマティック（STN）型とに分けられる。

【0009】 TN型では、上下の基板を、互いの配向膜の配向方向が直交するように配置し、上下の基板間で液晶分子の平均的な分子長軸方向を90° 振れた状態で配向させる。このとき液晶層は90° の旋光性を示す。

【0010】 この表示素子を、互いに偏光面が平行な2枚の偏光板の間に挟んだ場合には、ノーマリブラック（NB）表示と呼ばれる。すなわち、電圧を印加しないと、液晶層が旋光性を有するため、光がブロックされる。電圧を印加すると、配向膜のごく近傍を除いて液晶は直立し、液晶層が旋光性を失うので、光が透過する。一方、この表示素子を、互いに偏光面が直交する2枚の偏光板の間に挟んだ場合には、ノーマリホワイト（NW）表示と呼ばれる。この場合、電圧非印加時には光が透過し、電圧印加時には光がブロックされる。いずれの偏光板配置も広く使用されている。

【0011】 STN型は、表示素子内における液晶の平均的な分子長軸方向の振れ角を約270° とする以外

は、基本的にはTN型と同様である。このねれ角の設定により、電圧印加に対する液晶の応答を高速化できる。ただし、基板間隔の管理が困難であるなどの問題も発生する。

【0012】TN型は、STN型の出現当初には顧みられなくなった。しかし、その画質の高さのために、近年急激に普及してきたアクティブマトリクス方式による液晶表示素子の多くには、TN型表示方式が採用され、その重要性が再認識されている。

【0013】これらの表示方式による液晶表示素子は、大面積化・高精細化される傾向にある。特に、投射型の液晶表示素子などに関しては、高精細化が急務となっている。これを実現するため、画素ピッチは急激に減少している。これに伴って、画素部におけるスペースの近傍における表示品位、より詳しくはコントラストの低下が問題になってきている。このコントラスト低下の原因は、スペース自体に起因するものと、スペース近傍の液晶配向の乱れに起因するものとに大別される。

【0014】スペース自体に起因する原因として、スペースを通しての光抜けが挙げられる。これはNB表示の際に顕著に認められる。この解決案として、スペースに色素を添加する（特開昭62-66228号）、スペースの表面を染色する（特開平1-144021号）、スペースの表面を金属めっきする（特開平2-96716号）などが提案されている。しかし、これらの改良案では、色素などの光吸収材料による液晶の汚染、表面の修飾にともなうスペースの機械強度低下という問題がある。さらに、スペースと同程度の面積範囲に及ぶ場合もある。液晶配向の乱れを解消することはできない。

【0015】液晶配向の乱れに起因するコントラスト低下の解決策として、スペース散布後に配向膜を形成しラビング処理を施す技術（特開昭63-36224号）などが知られている。しかしこの技術は、スペース密度の管理が困難な散布法を用いるうえ、配向膜形成時にスペースが移動凝集し、基板間隔のばらつきをさらに悪化させるおそれがある。また、スペースによって配向膜の平坦性が損なわれるため、ラビングむらによる表示不良が発生する。

【0016】両方の原因を一挙に解決するため、スペースを画素以外に選択的に配置する方法も提案されている。代表例として、ブラックマトリクス下にスペースを配置する方法（特開昭63-228126号）、超電導体を含有するスペースを画素以外に選択的に配置する方法（特開平2-62517号）、磁性体を含有するスペースを画素以外に選択的に配置する方法（特開平2-198421号）が挙げられる。しかし、これらの方法には実用化を困難にする問題がある。例えば、特開昭63-228126号のようにブラックマトリクスを使用すると、高精細化にともない表示部の開口率が極端に低下する。特開平2-62517号および特開平2-198

421号の場合には、特殊な材料を使用するため、コスト面で不利である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、特殊な材料を用いることなく、基板間隔の均一性、高開口率、高表示品位の全てを実現できる液晶表示素子、特にTN型またはSTN型の液晶表示素子を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段と作用】本発明の液晶表示素子は、互いに対向する表面に電極および配向膜が形成された一対の基板を、基板の周縁部に設けられたシールおよび表示部に設けられたスペースを介して所定間隔を隔てて保持し、基板間に液晶を封入した液晶表示素子において、スペースの側面が液晶配向能を有することの特徴とするものである。本発明において、スペースの側面は、液晶分子を動作時の状態すなわちねれ配向または垂直配向させる配向能を有することが望ましい。以下、本発明の液晶表示素子を構成するスペースについてさらに詳細に説明する。

【0019】まず、本発明に係るスペースを所定位置に所定形状で形成するには、一般的には、印刷技術またはフォトリソグラフィ技術を適用することが考えられる。例えば、断面積が $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 以上のスペースを形成する場合には、オフセット印刷などの印刷技術を用いることができる。ただし、 $50\mu\text{m}$ という値は、10インチ液晶表示素子の画素電極間隔の典型値である $100\mu\text{m}$ の半分に達することから、断面積のより小さいスペースが好ましい。一方、フォトリソグラフィ技術を使用すれば、数 $\mu\text{m}$ 四方の断面積を持つスペースを形成できる。この技術では、スペースを構成する主成分として感光性樹脂が用いられる。感光性樹脂としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、環化ゴム、ノボラック樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アクリレート樹脂、ビスフェノール樹脂またはゼラチンに感光性を付与したものが挙げられる。感光性樹脂は、ネガ型でも、ポジ型でもよい。これらの樹脂のうちでは、ネガ型の感光性ポリイミドを用いた場合に、最も優れた配向状態が得られ、基板間ギャップの制御性も良好である。

【0020】本発明において、スペースの側面にねれ配向能を付与するためには、例えば機械的にねれを生じさせる方法、またはそれ自体がねれ配向する材料を利用する方法が考えられる。

【0021】機械的にねれを生じさせる方法としては、フォトリソグラフィ技術などを利用して基板上の所定位置に弾性に優れた樹脂からなる数 $\mu\text{m}$ の高さのスペースを形成し、対向基板を重ねて接着した後、対向基板を回転させる方法を用いることができる。この方法では、スペースにねり応力を加えることにより、その側面に液晶

を振り配向させる能力を付与する。ただし、この方法はスペーサが表示部の中央に1個存在すれば基板間隔の均一性が保証できるような、表示面積の小さい(具体的には約3インチ以下)液晶表示素子にのみ適用できる方法である。

【0022】これに対して、スペーサの構成成分として、それ自体が振れ配向する材料を用いる方法はより実用性が高い。これらの材料は、スペーサの主成分である感光性樹脂などに添加されて使用される。このような材料としては、カイラル基を持つ側鎖型高分子液晶物質、または側鎖型高分子液晶物質とカイラル基を持つ低分子有機物質との組み合わせが挙げられる。これらの材料は液晶相を示す温度範囲で所定時間熱処理することにより振れ配向する。したがって、振れ配向したスペーサの構成成分と液晶分子との分子間力により、液晶分子の振れ配向が実現される。この場合、100℃以上の温度では液晶相(カイラルネマティック相)を示し、これより低温では固相であるものが好ましい。100℃未満の温度で液晶相を示す材料は、支持部材としての役目を果たさないだけでなく、液晶物質を汚染するおそれがある。さらに、カラーフィルタを有する基板上に形成する場合は、約200℃以下の温度範囲で液晶層を示すことが好ましい。これは、200℃を超える高温で熱処理すると、カラーフィルタの劣化が顕著になるためである。前記の温度条件を満たす材料としては以下のようなものがある。カイラル基を持つ側鎖型高分子液晶物質としては、例えばコレステリル $\omega$ -(4-メタクリロイルオキシフェニルアルカノエート)のうちアルキル炭素数が2および6のものを、重合比1:1で共重合させたものが挙げられる。側鎖型高分子液晶物質とカイラル基を持つ低分子有機物質との組み合わせとしては、例えばp-シアノビフェニル-4-メタクリロイルオキシベンゾエートとS(-)-2-メチルブチルメタクリレートとの組み合わせが挙げられる。

【0023】スペーサの側面に振れ配向能を付与するための熱処理は、フォトリソグラフィ技術などを利用して側鎖型高分子液晶物質を含有する樹脂を所定の位置にスペーサを形成する途中で行ってよいし、形成後に行ってもよい。また、前記の材料を用いる場合、スペーサ形成に先立ち、配向膜が液晶配向能を持った状態で形成されていることが望ましい。これは、配向膜の表面によって側鎖型高分子液晶物質の側鎖の配向方向が規制され、振れ配向による螺旋軸が基板に垂直な方向になるためである。

【0024】本発明において、スペーサの側面に垂直配向能を付与する方法としては、例えばスペーサの側面に微細な溝を設ける方法、またはスペーサの構成成分としてそれ自体が垂直配向する材料を用いる方法が挙げられる。

【0025】スペーサの側面に微細な溝を設けるには、

フォトリソグラフィ技術などではなく、以下のような方法が用いられる。すなわち、基板上に樹脂を数 $\mu\text{m}$ の厚さに形成した後、所定位置にマスク材を形成し、このマスク材をマスクとしてRIE(Reactive Ion Etching)により樹脂をエッチングして、所定位置に所定形状のスペーサを形成するとともに、その側面を加工して微細な溝を設ける。この方法では、スペーサ側面の幾何学的な形状効果によって、液晶分子を垂直配向させることができる。

【0026】スペーサの構成成分としてそれ自体が垂直配向する材料を用いる方法では、直鎖型高分子液晶物質が用いられる。これらの材料も、スペーサの主成分である感光性樹脂などに添加されて使用される。これらの材料は液晶相を示す温度範囲で所定時間熱処理することにより垂直配向する。したがって、垂直配向したスペーサの構成成分と液晶分子との分子間力により、液晶分子の垂直配向が実現される。このような直鎖型高分子液晶物質も、前述した側鎖型高分子液晶物質の場合と同様の温度範囲で液晶相を示すものが望ましく、例えばノバキュレート(三菱化成製商品名)が挙げられる。

【0027】この場合、配向膜は形成前であるか、または液晶配向能を持たない状態であることが望ましい。これは、直鎖型高分子液晶物質の垂直方向への配列を阻害するおそれがあるためである。なお、直鎖型高分子液晶物質の配向を促進するために、垂直方向へ外場を印加してもよい。

【0028】本発明に係る液晶表示素子の表示方式は特に限定されない。すなわち、アクティブマトリクス型でも単純マトリクス型表示方式でもよく、TN型でもSTN型でもよく、透過型でも反射型でもよい。これらの液晶表示素子の例を図面を参照して説明する。

【0029】図8はTN型液晶を用いた3端子アクティブマトリクス方式の透過型液晶表示素子の一例を示す分解斜視図である。図8において、一方のガラス基板(TFTアレイベース)1上には、画素電極2およびTFT素子(薄膜トランジスタ)11がマトリクス状に形成されている。1つの画素電極2と1つのTFT素子11で構成される矩形状の各画素の間には、複数のデータ配線21およびアドレス配線22が互いに直交して形成されている。TFT素子11のソース電極は画素電極2に、ドレイン電極はデータ配線21に、ゲート電極はアドレス配線22にそれぞれ接続されている。このようなTFTアレイベース1の表面に配向膜(図示せず)が形成されている。他方のガラス基板(対向基板)5には、カラーフィルタ6、対向電極7、配向膜(図示せず)が順次形成されている。画素電極2と対向電極7とが互いに対向する領域が画素に相当する。これらのTFTアレイベース1と対向基板5との間に、基板周縁部にシール、表示部に本発明に係るスペーサ(図示せず)が配置され、基板間ギャップが規定される。そして、両方の基板間に液晶物

質が封入される。さらに、透過型表示の場合には、TFTアレイ基板1の外側に偏光板51、拡散板52を介してバックライト（背面照明）53が設けられ、対向基板5の外側に偏光板54が設けられている。

【0030】この液晶表示素子において、画素電極2および対向電極7は例えばITO（Indium Tin Oxide）、金属などの材質からなる導電性薄膜で形成される。透過型表示素子の場合には、両電極にITOなど透明性を有する材質が用いられる。反射型表示素子の場合には、どちらか一方の電極のみが透明性を有していればよく、通常は対向電極側を透明とすることが多い。またこの場合、TFTアレイ基板1の外側の偏光板51、拡散板52、バックライト53は不要になる。

【0031】図9は単純マトリクス方式の液晶表示素子の一例を示す分解斜視図である。図9において、一方のガラス基板1の表面には、X軸方向に複数の帯状の走査電極31および配向膜（図示せず）が形成されている。他方のガラス基板（対向基板）5の表面には、Y軸方向に複数の帯状の表示電極32および配向膜（図示せず）が形成されている。走査電極31および表示電極32の交差部が画素に相当する。これらのガラス基板1とガラス基板5の間に、基板周縁部にシール、表示部に本発明に係るスペーサ（図示せず）が配置され、基板間ギャップが規定される。そして、両方の基板間に液晶物質が封入される。

【0032】本発明に係る液晶表示素子は、ITO膜などを素材とする透明電極や、TFT、MIM（Metal Insulator Metal）などの駆動素子が形成された基板表面に、配向膜および前述した方法によりスペーサを形成した後、組立工程、液晶注入工程などを経て製造される。配向膜とスペーサとは、どちらを先に形成してもよく、同時に形成してもよい。工程の簡便性と表示素子の性能とを考慮して、形成順序が決定される。例えば、スペーサの材料として感光性樹脂を用いる場合、この感光性樹脂をブリベークし、露光し、再度基板側から熱処理した後、現像すればスペーサと配向膜とを同時に形成できる。すなわち、露光後に熱処理すると、基板側の感光性樹脂が重合し、現像液に対する溶解速度が遅くなるため、現像後にこの部分を残すことができる。したがって、この部分を配向処理すれば配向膜として利用できる。このような方法を採用すれば、配向膜を独立に形成する工程が不要になる。

【0033】スペーサは、例えば画素の端部に形成することが好ましい。また、一方の基板に駆動素子が形成されている液晶表示素子では、駆動素子の中央凹部にスペーサを形成することが好ましい。

【0034】

【作用】本発明の液晶表示素子では、スペーサの側面が比較的平坦な形状で、かつ液晶配向能を有するので、特殊な材料を用いなくとも、スペーサの近傍においても液

晶分子を安定に配向させることができる。このため、液晶分子の配向乱れに起因するコントラスト低下を防止でき、表示品位を向上できる。

【0035】また、スペーサの構成成分としてそれ自体が配向する性質を有する材料を用いた場合には、スペーサ自体が旋光性つまり遮光性を有する。したがって、スペーサ中を透過する光量を抑えることができ、黒レベルに関して特に要請の厳しいNB表示であっても、開口率を低下させるブラックマトリクスを使用することなく、高品位の表示を達成できる。この場合、スペーサの構成成分として遮光性を向上させる他の材料を併用すれば、より大きな効果が期待できる。

【0036】さらに、一方の基板に駆動素子が形成されている液晶表示素子では、駆動素子の中央凹部にスペーサを形成することにより、駆動素子に照射される光量を抑えることができる。このため、過度の光照射による駆動素子の誤動作を防止でき、表示品位をさらに向上できる。この場合、前述したようにスペーサ自体が遮光性を有していれば、より大きな効果が期待できる。

【0037】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。なお、以下の実施例および比較例においては、液晶表示素子としてTN型液晶を用いたアクティブマトリクス方式の液晶セルを作製し、その特性を評価した。

実施例1

【0038】予め、以下のようにしてスペーサ形成材料を調製した。Finkelmannらの方法（Macromol. Chem., 179, 829（1978））に従い、コレステリル $\omega$ -（4-メタクリロイルオキシフェニル）アルカノエートのうちアルキル炭素数が2および6である液晶物質を合成し、さらにこれら2種の液晶物質を重合比1：1で共重合させて側鎖型高分子液晶物質を合成した。得られた側鎖型高分子液晶物質を、感光性ポリイミド（チバガイギー社製、商品名：プロビミド400）の溶液に添加してスペーサ形成材料とした。

【0039】図1および図2に示される、表面に表示電極2およびTFT素子11がマトリクス状に形成された一方のガラス基板（TFTアレイ基板）1を用意した。このTFT素子11の構造は以下のようなものである。すなわち、ガラス基板1上にゲート電極12、ゲート絶縁膜13、半導体層14が順次形成されている。この半導体層14にはソース、ドレイン領域（図示せず）が形成されている。半導体層14上には、これらの領域と接続されたソース電極15、およびドレイン電極16が形成されている。ソース電極15は表示電極2と接続されている。ドレイン電極16はデータ配線に、ゲート電極12はアドレス配線に、それぞれ接続されている。図2に示されるように、TFT素子11は表示電極2の1隅に形成されており、1つの表示電極2と1つのTFT素

子11とで $130\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の1画素を構成している。

【0040】このTFTアレ基板1上に、熱硬化性ポリイミド（日本合成ゴム社製、商品名：オプトマーAL-1051）の溶液をロールコートにより塗布した後、 $200^\circ\text{C}$ で1時間加熱して乾燥した。このポリイミド膜表面を、布を装着したローラでラビング処理し、配向膜3を形成した。

【0041】この配向膜3の上に、前述したスペーサ形成材料を $2500\text{rpm}$ で25秒間スピコートした。TFTアレ基板をホットプレート上にて $110^\circ\text{C}$ で15分間スペーサ形成材料をプリベークした。硬化膜表面から $6\mu\text{m}$ 上方の位置に、図3に示すフォトマスク101を配置した。このフォトマスク101では、縦 $260\mu\text{m}$ 、横 $200\mu\text{m}$ ごとに直径 $10\mu\text{m}$ の透光部110が形成され、その他の部分が遮光部120となっている。また、図2に示すように、TFTアレ基板上の1つおきの表示電極2のTFT素子11と対角線上の位置（スペーサ形成位置）に、透光部110が重なるようにフォトマスクを位置合わせした。

【0042】このフォトマスクを介して $400\text{mJ}/\text{cm}^2$ の平行光を露光した。窒素ガスによる加圧下、硬化膜に現像液（チバガイギー社製、QZ3301）をスプレーして現像し、現像液とリンス液の混合液（チバガイギー社製、QZ3311）をスプレーし、リンス液（チバガイギー社製、QZ3312）でリンスし、さらに窒素ガスを用いてスピンドライした。現像条件は、以下の通りである。

窒素加圧	$2.5\text{kg}/\text{cm}^2$
現像液噴射量	$10\text{ml}/\text{min}$
現像液処理時間	240秒
オーバーラップ時間	10秒
リンス時間	10秒
窒素スピンドライ時間	20秒

【0043】現像処理後、基板を $200^\circ\text{C}$ で1時間加熱し、溶媒を揮発させた。この加熱処理により、側鎖型高分子液晶物質はカイラルスメクティック相に保持され振れ配向する。これを室温まで放冷して、スペーサ4を形成した。

【0044】次に、表面に保護膜付きのカラーフィルタ6および対向電極7が順次形成された他方のガラス基板（対向基板）5を用意した。この対向基板5上に、熱硬化性ポリイミド（日本合成ゴム社製、商品名：オプトマーAL-1051）の溶液をロールコートにより塗布した後、 $200^\circ\text{C}$ で1時間加熱して乾燥した。このポリイミド膜表面を、布を装着したローラでラビング処理して配向膜8を形成した。この対向基板5の周縁部上に、シール材として熱硬化性エポキシ樹脂（三井東圧社製、商品名：ストラクトボンド）をスクリーン印刷した。

【0045】これらのTFTアレ基板1および対向基

板5を互いに対向するように組み合わせ、 $180^\circ\text{C}$ で1時間加熱した後、室温まで放冷して液晶セルを作製した。このセルを真空チャンバー内に入れ、真空下でセルの内部にネマティック液晶組成物（メルク社製、ZLI-1370）9を封入した。注入口を紫外線硬化型接着剤で封口した。さらに、セルを洗浄した後、TFT基板の外側および対向基板の外側に透過光の振動面が平行となるようにそれぞれ偏光板を配置した。

#### 実施例2

【0046】本実施例では、スペーサ4の形成位置が実施例1と異なっている。すなわち、図4に示すように、TFTアレ基板1上に形成されたTFT素子11の中央の凹部にスペーサ4を形成した。これ以外は、実施例1と同様にして液晶表示素子を作製した。

#### 実施例3

【0047】本実施例では、実施例1と異なる以下のような方法により、TFTアレ基板上に配向膜を形成した。表面に表示電極2およびTFT素子11がマトリクス状に形成されたTFTアレ基板1上に、感光性ポリイミド（チバガイギー社製、商品名：プロビミド400）の5%溶液を $3000\text{rpm}$ で25秒間スピコートした。TFTアレ基板をホットプレート上にて $110^\circ\text{C}$ で15分間加熱して感光性ポリイミドをプリベークした。この硬化膜の表面から $6\mu\text{m}$ 上方の位置に、図5に示すフォトマスク102を配置した。このフォトマスク102では、 $0.2\mu\text{m}$ 幅の透光部110と $1.0\mu\text{m}$ 幅の遮光部120とがストライプ状に形成されている。このフォトマスクを介して $180\text{mJ}/\text{cm}^2$ の平行光を露光した後、実施例1と同様にスプレー現像を行った。現像条件は、以下の通りである。

現像液噴射量	$10\text{ml}/\text{min}$
窒素加圧	$2.5\text{kg}/\text{cm}^2$
現像液処理時間	60秒
オーバーラップ時間	10秒
リンス時間	15秒
窒素スピンドライ時間	10秒

【0048】現像処理後、基板を $250^\circ\text{C}$ で1時間加熱して乾燥し、室温まで放冷して配向膜3を形成した。この工程以外は実施例1と全く同様にして液晶表示素子を作製した。

#### 実施例4

本実施例では、実施例1～3とは異なり、対向基板5上にスペーサを形成した。

【0049】まず、実施例1と同様にして、表面に表示電極およびTFT素子が形成されたTFTアレ基板上にポリイミド膜を形成し、ラビング処理して配向膜を形成した。

【0050】次に、表面に保護膜付きのカラーフィルタ6および対向電極7が形成された対向基板5を用意した。この対向基板上に、可溶性ポリイミド（チバガイギ

一社製、商品名：プロピミド200)の溶液を2000rpmで30秒間スピコートした後、180℃で1時間加熱して乾燥した。このポリイミド膜上に、スパッタ法により厚さ1μmのMo層を形成した。このMo層をフォトリソエッチングして、図6に示すように、カラーフィルタ6に対応させて1画素おきの1隅上に直径10μmのMoからなるマスク材を形成した。

【0051】この対向基板を真空チャンバー内に入れ、高真空にした後、O<sub>2</sub>ガスを導入し、Ar<sup>+</sup>イオンビームを照射して、マスク材でマスクされていないポリイミド膜を反応性イオンエッチングした。このときの条件は以下の通りである。

O<sub>2</sub>ガス濃度  $1 \times 10^{-4}$  Torr  
照射強度 200W  
照射時間 5分

【0052】こうして基板に垂直な方向に微細な溝を有するスペーサおよび配向膜を同時に形成した。すなわち、前記の条件では、ポリイミド膜のエッチングは基板表面まで及ばない。したがって、残った薄膜部分を配向膜として用いることができる。次に、マスク材として用いられたMoをエッチングした後、配向膜を布を装着したローラでラビング処理した。以下、実施例1と同様にして、液晶表示素子を作製した。

#### 実施例5

【0053】本実施例では、実施例3と同様な方法によりTFTアレイ基板上に感光性樹脂を用いて配向膜を形成し、実施例4と同様な方法により対向基板にスペーサおよび配向膜を形成した。以下、実施例1と同様にして、液晶表示素子を作製した。

#### 比較例1

【0054】表面に表示電極およびTFT素子がマトリクス状に形成されたTFTアレイ基板上に、熱硬化性ポ

リイミド(日本合成ゴム社製、商品名：オプトマーAL-1051)の溶液をロールコートにより塗布した後、200℃で1時間、加熱乾燥した。このポリイミド膜の表面を、布を装着したローラでラビング処理して配向膜を形成した。この配向膜上に、球形スペーサ(積水ファインケミカル社製、商品名：マイクロバールSP-205)のエタノール分散液をスプレー散布した。

【0055】一方、表面に保護膜付きカラーフィルタおよび対向電極が順次形成された対向基板上に、熱硬化性ポリイミド(日本合成ゴム社製、商品名：オプトマーAL-1051)の溶液をロールコートにより塗布した後、200℃で1時間、加熱乾燥した。得られたポリイミド膜表面を、布を装着したローラでラビング処理して配向膜を形成した。この対向基板上に、シール材として熱硬化性エポキシ樹脂(三井東圧社製、商品名：ストラクトボンド)をスクリーン印刷した。以下、実施例1と同様の方法に従って、液晶表示素子を作製した。これら実施例1～5および比較例1の液晶セルについて、以下のような特性に関する観察および評価を行った。これらの結果を表1に示す。

特性1) 電圧無印加時における配向状態(目視観察)

特性2) 電圧無印加時における配向状態(顕微鏡観察)

特性3) V-T特性(液晶セルの電圧-透過光量の関係)

特性4) コントラスト比(電圧印加時の透過光量：無印加時の透過光量)

特性5) 高温(85℃)ライフテスト500時間後の動画表示状態

【0056】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	比較例1
特性1)	良好	良好	良好	良好	良好	良好
特性2)	良好	良好	良好	良好	良好	不良有り
特性3)	正常	正常	正常	正常	正常	正常
特性4)	115:1	120:1	110:1	105:1	100:1	80:1
特性5)	良好	良好	良好	良好	良好	不良有り

【0057】比較例1の液晶セルの顕微鏡観察では、良好な配向を示す暗視野中でスペーサの周囲が白くぼやけた状態となっており、配向不良が発生していることが確認された。またこの際、球状スペーサ部分は、光抜けのために明るく見えた。比較例1では、これらが原因となってコントラスト比が低下していると考えられる。これに対して、実施例1～5では、いずれも配向状態が良好であり、高いコントラスト比が得られている。

【0058】なお、以上の実施例では、液晶表示素子としてTN型液晶を用いたアクティブマトリクス方式の液晶セルを作製したが、本発明は単純マトリクス方式の液晶表示素子にも適用できる。

【0059】単純マトリクス方式の液晶表示素子の例を図7を参照して説明する。図7に示されるように、表面に走査電極31が形成された一方のガラス基板1に熱硬化性ポリイミドの溶液を塗布し、加熱・乾燥した後、ラビング処理して配向膜3を形成する。例えば実施例1と同様に、この配向膜3上にスペーサ形成材料を塗布し、プリベークした後、露光・現像し、さらに加熱処理して振れ配向能を有するスペーサ4を形成する。次に、表面に表示電極32が形成された他方のガラス基板（対向基板）5上に、熱硬化性ポリイミドの溶液を塗布した後、加熱・乾燥した後、ラビング処理して配向膜8を形成する。この対向基板5の周縁部に、シール材として熱硬化性エポキシ樹脂をスクリーン印刷し、ガラス基板1および対向基板5を互に対向するように組み合わせ、加熱して液晶セルを作製する。このセルの内部に液晶組成物9を封入し、注入口を封口する。この場合も、前述した実施例と同様な効果を得ることができる。

【0060】以下に示す実施例では、スペーサの材料として感光性樹脂を用い、この感光性樹脂をプリベークし、露光し、再度熱処理した後、現像することによりスペーサと配向膜とを同時に形成する方法について説明する。

#### 実施例6

【0061】表示電極とTET素子とが形成されたTFTアレイ基板上に感光性ポリイミド（チバガイギー社製、商品名：プロビミド412）を1500rpmでスピンコートした。このTFTアレイ基板をホットプレート上にのせ、110℃で15分間という通常の条件でポリイミド膜をプリベークした。

【0062】スペーサのパターンが形成されたフォトマスクを介してポリイミド膜を露光した。この基板をホットプレート上にのせ、再度基板側から170℃で10分間加熱した。この加熱により、基板側の感光性樹脂が重合し、光が照射された部分および熱処理により重合した部分の現像液に対する溶解速度が遅くなる。この感光性樹脂を実施例1と同様に現像処理した。現像条件は、以下の通りである。

窒素加圧 1.3～2.5kg/cm<sup>2</sup>

現像液噴射量	8～10ml/min
現像液処理時間	240秒
オーバーラップ時間	10秒
リンス時間	10秒
窒素スピンドライ時間	20秒

【0063】このTFTアレイ基板を排気型オーブンの中に入れ、250℃で1時間ポリイミド膜をキュアした。この結果、高さ5μm、直径15μmの円柱形のスペーサおよび厚さ120nmの配向膜が形成された。この配向膜をラビング処理した。

【0064】一方、カラーフィルタ、ブラックマトリクスおよび透明電極が形成された対向基板に熱硬化性ポリイミドを塗布しラビング処理して配向膜を形成した。対向基板の周縁部にシール材をスクリーン印刷した。TFTアレイ基板と対向基板とを組み合わせ、加圧状態で加熱してシール材を硬化させ、セルを作製した。このとき、スペーサはブラックマトリクス上に配置した。このセル内に液晶を注入し、注入口を封口して液晶表示素子を製造した。

【0065】得られた対角4インチの液晶表示素子の全面で、基板間ギャップの精度は±0.1μmであった。また、配向状態も良好であることが確認された。さらに、スペーサがブラックマトリクス上に配置されているので、スペーサによる光抜けや開口率の低下はなく、TFTの破損も防止することができた。

#### 実施例7

【0066】実施例6と同様に、TFTアレイ基板上への感光性ポリイミド（プロビミド412）の塗布、プリベーク、露光、熱処理を行った。この際、露光後の熱処理条件は実施例6と異なり、200℃で10分間であった。この感光性ポリイミドを実施例6と同一の条件で現像処理し、キュアした。この結果、高さ5μm、直径15μmのスペーサおよび厚さ150nmの配向膜が形成された。この配向膜をラビング処理した。以下、実施例6と同様にして液晶表示素子を作製した。得られた対角4インチの液晶表示素子の全面で、基板間ギャップの精度は±0.1μmであった。また、配向状態も良好であることが確認された。

#### 実施例8

【0067】表示電極とTET素子とが形成されたTFTアレイ基板上に感光性ポリイミド（チバガイギー社製、商品名：プロビミド408）を1200rpmでスピンコートした。このTFTアレイ基板をホットプレート上にのせ、110℃で10分間という通常の条件でポリイミド膜をプリベークした。実施例6と同様にこのポリイミド膜を露光し、実施例6と同一の条件で熱処理し、さらに現像処理時間を100秒とした以外は実施例6と同一の条件で現像処理し、キュアした。この結果、高さ2μm、直径10μmの円柱形のスペーサおよび厚さ100nmの配向膜が形成された。この配向膜をラビ

ング処理した。以下、実施例6と同様にして液晶表示素子を作製した。得られた対角4インチの液晶表示素子の全面で、基板間ギャップの精度は $\pm 0.2 \mu\text{m}$ であった。また、配向状態も良好であることが確認された。

#### 実施例9

【0068】実施例6と同様に、TFTアレイ基板上への感光性ポリイミド（プロビミド412）の塗布、プリベーク、露光、熱処理を行った。この際、露光後の熱処理条件は実施例6と異なり、排気型オープンを用い、 $120^\circ\text{C}$ で1時間とした。この感光性ポリイミドを実施例6と同一の条件で現像処理し、キュアした。この結果、高さ $5 \mu\text{m}$ 、直径 $15 \mu\text{m}$ のスペーサおよび厚さ $150 \text{nm}$ の配向膜が形成された。この配向膜をラビング処理した。以下、実施例6と同様にして液晶表示素子を作製した。得られた対角4インチの液晶表示素子の全面で、基板間ギャップの精度は $\pm 0.2 \mu\text{m}$ であった。

【0069】なお、スペーサの近傍、特にラビング方向に対してスペーサの後方に液晶の配向不良領域が認められた。ただし、ラビング処理の方向をブラックストライプに平行にすれば、この配向不良領域はブラックストライプの下になるので、表示部への影響はなく、良好な表示結果が得られた。

#### 比較例2

【0070】実施例6と同様に、TFTアレイ基板上への感光性ポリイミド（プロビミド412）の塗布、プリベーク、露光した。ただし、露光後に熱処理は行わなかった。この感光性ポリイミドを実施例6と同一の条件で現像処理し、キュアした。この結果、高さ $5 \mu\text{m}$ のスペーサは形成されたが、スペーサ以外の紫外線が照射されない部分は現像によりすべて剥離され配向膜は形成されなかった。

#### 【0071】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、特殊な材料を用いることなく、基板間隔の均一性、高開口率、高表示品位の全てを実現する液晶表示素子を提供する上で、顕著な効果を奏するものである。特に、ツイステッドネマティック（TN）型表示方式、あるいはスーパーツイステッドネマティック（STN）型表示方式に

よる液晶表示素子において、優れたV-T特性、コントラスト、動画表示状態の性能を提供する上で効果的である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1におけるアクティブマトリクス方式の液晶表示素子の断面図。

【図2】本発明の実施例1における液晶表示素子に関して、TFTアレイ基板上でのスペーサの形成位置を示す平面図。

【図3】本発明の実施例1における液晶表示素子に関して、スペーサの形成に使用されるフォトマスクの平面図。

【図4】本発明の実施例2における液晶表示素子に関して、TFTアレイ基板上でのスペーサの形成位置を示す平面図。

【図5】本発明の実施例3における液晶表示素子に関して、スペーサの形成に使用されるフォトマスクの平面図。

【図6】本発明の実施例4に係る液晶表示素子に関して、対向基板上でのスペーサの形成位置を示す平面図。

【図7】本発明の他の実施例における単純マトリクス方式の液晶表示素子の断面図。

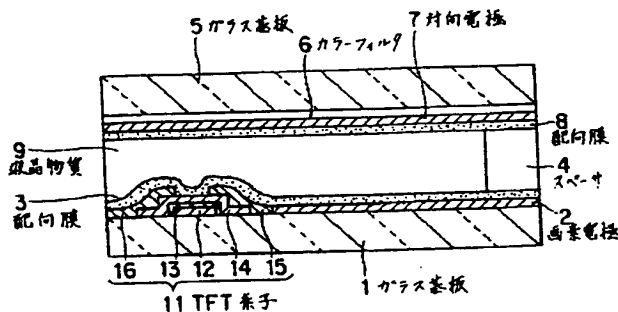
【図8】アクティブマトリクス方式の液晶表示素子を示す分解斜視図。

【図9】単純マトリクス方式の液晶表示素子を示す分解斜視図。

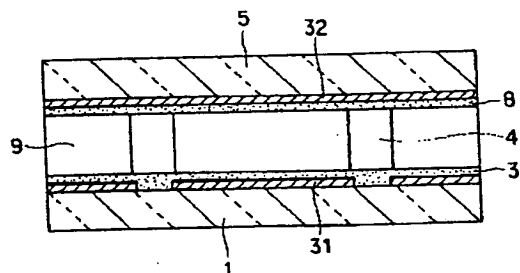
#### 【符号の説明】

1…ガラス基板（TFTアレイ基板）、2…画素電極、3…配向膜、4…スペーサ、5…ガラス基板（対向基板）、6…カラーフィルタ、7…対向電極、8…配向膜、9…液晶物質、11…TFT素子、12…ゲート電極、13…ゲート絶縁膜、14…半導体層、15…ソース電極、16…ドレイン電極、21…データ配線、22…アドレス配線、31…走査電極、32…表示電極、51…偏光板、52…拡散板、53…バックライト、54…偏光板、101、102…フォトマスク、110…透光部、120…遮光部。

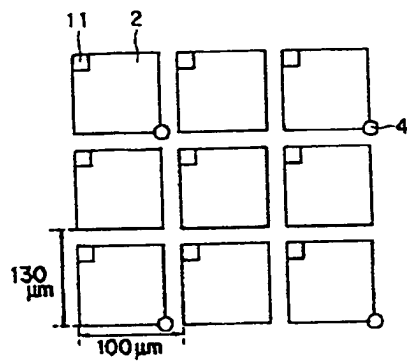
【図1】



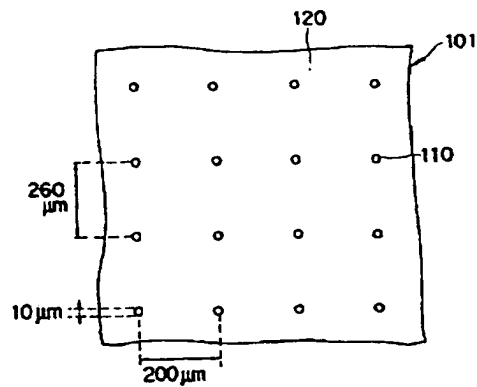
【図7】



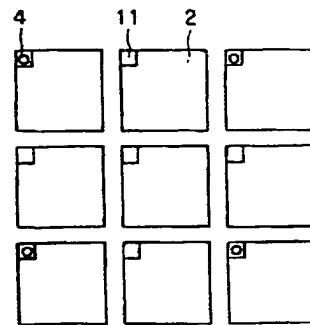
【図2】



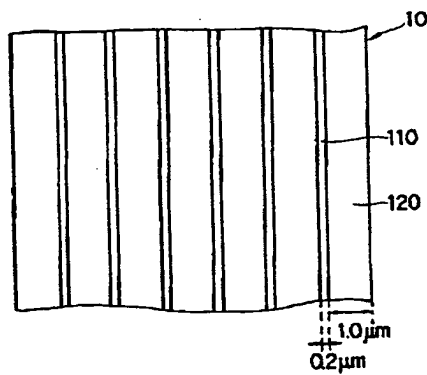
【図3】



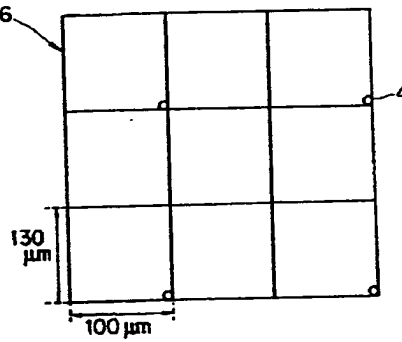
【図4】



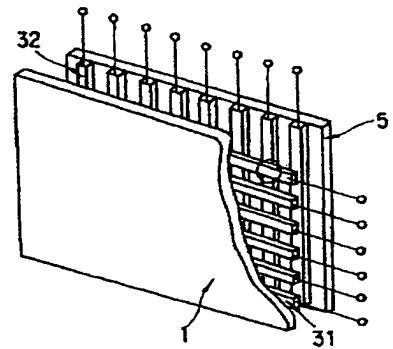
【図5】



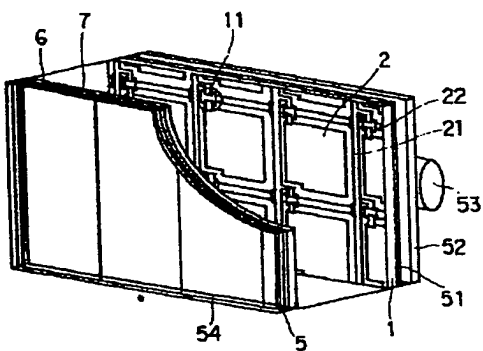
【図6】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 岐津 裕子  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝総合研究所内

Japanese Patent Laid-Open No.5-281558/1993

Laid-Open Date: October 29, 1993

Application No. 4-82063/1992

Application Date: April 3, 1992

Applicant: Toshiba Corporation

Inventors: Rei Hasegawa et al.

Title of the Invention: LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

[Abstract]

[Object] To provide a liquid crystal display element realizing all of the uniform gap between substrates, a high aperture ratio, and a high display quality, and in particular, a TN type or a STN type liquid crystal display element without using a special material.

[Constitution] In a liquid crystal display element including a pair of substrates 1 and 5, each of which has electrodes and an oriented film 3 or 8 on the surface thereof opposite to the surface of the other substrate and is held at a predetermined distance from the other substrate via a seal provided at the peripheral portion of the substrate and spacers 4 provided at a display portion, and liquid crystal 9 injected into a gap between the substrates, the side of the spacer 4 has a capability of orienting the liquid crystal.

[Claims]

[Claim 1] A liquid crystal display element in which a pair of substrates, each of which has electrodes and an oriented film on the surface thereof opposite to the surface of the other substrate, are held at a predetermined spacing between them via a seal provided on the peripheral portion of the substrate and spacers provided at a display portion, and in which liquid crystal is injected into the gap between the pair of substrates, being characterized in that the side of the spacer has a capability of orienting the liquid crystal.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industrial Application] The present invention relates to a liquid crystal display element, and more particularly, to a liquid crystal display element of a twisted nematic type display mode or a super-twisted nematic type display mode.

[0002]

[Prior Art] In general, a liquid crystal display element has a structure in which a pair of substrates are spaced a given gap via a seal provided on the peripheral portion of the substrate and a spacer provided at a display portion, wherein the substrate has an electrode and an oriented film on the surface thereof opposite to the other substrate, and liquid crystal is confined between the substrates. In such a liquid crystal display element, voltage is applied to the liquid

crystal at the display portion via the oriented film from driving electrodes provided on the substrate.

[0003] The above spacer is used for regulating a gap between the substrates at the display portion uniformly. The gap between the substrates for the liquid crystal display element is usually set at about  $1\mu\text{m}$  to  $20\mu\text{m}$  and it is necessary to control the gap uniformly with an accuracy of  $\pm 0.1\mu\text{m}$ . This is because variations in the gap between the substrates cause not only degradation in the quality of display such as an unevenness of color or interference fringes, but also damage to a circuit or a failure of display when the gap between the substrates are narrowed by an external force to bring the electrodes into contact with each other. As described above, the spacer is an important member for keeping the performance of the liquid crystal display element. An inorganic material such as glass, silica, or the like, and an organic material such as polystyrene-base polymer and photosensitive polyimide are used as the raw material of the spacer. Conventionally, a method of scattering particle-like spacers and a method of using a photolithography technology have mainly been used as a method of forming the spacer.

[0004] First, a method of manufacturing a liquid crystal display element including a process for scattering particle-like spacers, which is the mainstream of the present technology, will be described. One substrate with electrodes

and an oriented film formed thereon is prepared and a suspension suspending the particle-like spacers in an organic solvent is scattered on the surface of the oriented film and then the solvent is vaporized. The substrate on which the spacers are scattered is combined with the other substrate on which electrodes and an oriented film are formed and the peripheral portion thereof is sealed with a sealing adhesive to form a liquid crystal cell. A liquid crystal material is injected into the liquid crystal cell and then an injection port is sealed. In this connection, there is also a case in which the sealing adhesive is mixed with the same members as the particle-like spacers.

[0005] However, in this method, it is difficult to control the diameter of the spacer scattered because the diameter of the spacer is extremely small. Also, it is difficult to scatter the spacers uniformly and sometimes the spacers are scattered in clusters. The clusters of spacers make the gap between the substrates nonuniform and hence cause degradation in the quality of display, as described above. Further, since the particles having a diameter of several  $\mu\text{m}$  are scattered in this method, a scattering of the particles itself becomes a cause of dust, and hence this method is not suitable for an operation in a clean room.

[0006] Therefore, a method of forming a spacer by the use of a photolithography technology was developed as an alternative

method. A method of manufacturing a liquid crystal display element including a process of forming a spacer by the use of a light cure resin will be described as an example. A light cure resin layer is formed on a substrate on which electrodes and an oriented film are formed. Light is applied to the resin layer by using a mask for exposing to selectively cure only a portion exposed to the light and then the other portion not exposed to the light is removed with suitable etching liquid, thereby forming a spacer. This substrate is combined with the other substrate on which electrodes and an oriented film are formed and the peripheral portion thereof is sealed with a sealing adhesive to form a liquid crystal cell. A liquid crystal material is injected into the liquid crystal cell and then an injection port is sealed. In this respect, sometimes resin to be decomposed by light is used instead of the light cure resin. Further, a method is also used in which a masking material is formed on a spacer material by a photolithography technology and then the spacer material is etched by using the masking material as a mask.

[0007] In this method, the spacer can be formed at a predetermined position. For example, if the spacer is arranged only at the position where a pixel is not formed, such as a wiring or the like, a passing of light can be prevented by the spacer, whereby the quality of display can be improved. In this regard, although it is expected that a method of

printing thermosetting resin mixed with the spacers can produce the same effects as the photolithography, this method is inferior to the photolithography technology in accuracy and fineness.

[0008] On the other hand, the liquid crystal display element widely used at present is divided into a twisted nematic (TN) type and a super-twisted nematic (STN) type according to the state of orientation of the liquid crystal in the element.

[0009] In the TN type element, an upper and a lower substrate are arranged such that the direction of orientation of the oriented film of one substrate crosses at right angles that of the other substrate to orient the liquid crystal molecules in a state in which the mean direction of long axes of the liquid crystal molecules is twisted at  $90^\circ$  degrees between the upper and the lower substrates. At this time, the liquid crystal layer shows an optical rotating power of  $90^\circ$ .

[0010] A case in which this liquid crystal display element is sandwiched by two polarizing plates whose polarizing planes are parallel to each other is called a normally black (NB) display. That is, since liquid crystal layer has an optical rotating power, when voltage is not applied thereto, light is obstructed, and when voltage is applied thereto, the liquid crystal is erected except at a portion extremely near to the oriented film and the liquid crystal layer loses the optical rotating power and hence light passes therethrough. On the

other hand, a case in which this liquid crystal display element is sandwiched by two polarizing plates whose polarizing planes are orthogonal to each other is called a normally white (NW) display. In this case, when voltage is not applied thereto, light passes therethrough and when voltage is applied thereto, light is blocked. Both the arrangements of the polarizing plates are widely used.

[0011] The STN type element is basically the same as the TN type element except that the mean direction of long axes of liquid crystal molecules in the display elements is twisted at about 270 degrees. This twisting angle setting can speed up the response of the liquid crystal to an application of voltage, but it also produces a problem that it is difficult to control the gap between the substrates.

[0012] The TN type element has become ignored after the STN type element was realized. However, because the TN type element has high image quality, most of active matrix type liquid crystal display elements springing into wide use in recent years have adopted a TN type display mode, and the importance of the TN type element has been gaining renewed attention.

[0013] There has been a tendency that the liquid crystal display element of these display modes has a larger area and higher definition. In particular, a projection type liquid crystal display element is urgently required to be of higher definition.

In order to realize the higher definition, a pixel pitch has sharply been reduced, which has raised in turn a problem of a reduction in display quality, to be more specific, a reduction in contrast near the spacer in a pixel portion. This reduction in contrast is caused broadly by the spacer itself and by the irregularity in the orientation of the liquid crystal near the spacer.

[0014] The reduction in contrast caused by the spacer itself is caused by a passing of light through the spacer. This appears remarkable in the NB display. As a method of solving this problem, a method of adding a coloring matter to the spacer (Japanese Patent Laid-Open No. 62-66228), a method of dyeing the surface of the spacer (Japanese Patent Laid-Open No. 1-144021), and a method of plating the surface of the spacer with metal (Japanese Patent Laid-Open No. 2-96716) were proposed. However, these improved methods have problems that the crystal liquid is contaminated by light absorbing material such as a coloring matter and that the mechanical strength of the surface of the spacer is reduced by the surface treatment of the spacer. Further, these methods can not solve the irregularity in the orientation of the liquid crystal which sometimes spreads over the area nearly equal to the spacer.

[0015] As a method for solving a reduction in contrast caused by the irregularity in the orientation of the liquid crystal, a technology has been known in which an oriented film is formed

after the spacers are scattered and then is subjected to a rubbing treatment (Japanese Patent Laid-Open No. 63-36224). However, this technology uses a method of scattering the spacers in which a spacer density in the liquid crystal is difficult to be controlled and the spacers move and cling together, which might further increase variations in the gap between the substrates. Also, the flatness of the oriented film is reduced by the spacers and hence unevenness in the rubbing generates defective display.

[0016] In order to solve both causes at the same time, a method of arranging spacers selectively at the portions except for the pixels was proposed. Typical methods are as follows: spacers are arranged under a black matrix (Japanese Patent Laid-Open No. 63-228126); spacers containing superconductive material are selectively arranged at the portions except for the pixels (Japanese Patent Laid-Open No. 2-62517); spacers containing magnetic material are selectively arranged at the portions except for the pixels (Japanese Patent Laid-Open No. 2-198421). However, there are problems which make it difficult to put these methods into practice. For example, if the black matrix is used as disclosed in Japanese Patent Laid-Open No. 63-228126, the aperture ratio of the display part is extremely reduced as definition is made higher. The cases of Japanese Patent Laid-Open No. 2-62517 and Japanese Patent Laid-Open No. 2-198421 need to use special materials and hence

have disadvantages in costs.

[0017]

[Problems to be Solved by the Invention] It is the object of the present invention to provide a liquid crystal display element which can realize all of the uniformity of the gap between substrates, a high aperture ratio, and high display quality without using special material, and in particular, to provide a TN-type or a STN-type liquid crystal display element.

[0018]

[Means for Solving the Problems and Functions of thereof] A liquid crystal display element in accordance with the present invention, in which a pair of substrates, each of which has electrodes and an oriented film on the surface thereof opposite to the surface of the other substrate, are held at a predetermined spacing between them via a seal provided on the peripheral portion of the substrate and spacers provided at a display portion, and in which liquid crystal is injected into the gap between the pair of substrates, is characterized in that the side of the spacer has a capability of orienting the liquid crystal.

In the present invention, it is preferable that the side of the spacer has a capability of putting liquid crystal molecules into a state of operation, that is, a state of twisted orientation or vertical orientation. Hereinafter, a spacer constituting the liquid crystal display element in accordance

with the present invention will further be described in detail.

[0019] First, it is thought in general that a printing technology or a photolithography technology is applied to a forming of a spacer in accordance with the present invention in a predetermined shape at a predetermined position. For example, in the case of forming a spacer having a cross-sectional area of  $50\mu\text{m}$  by  $50\mu\text{m}$  or more, a printing technology such as an offset printing, or the like can be used. However, since a value of  $50\mu\text{m}$  is a half of a typical gap of  $100\mu\text{m}$  between the pixel electrodes of a 10-inch liquid display element, it is preferable that the spacer has a smaller sectional area than that. On the other hand, if the photolithography technology is used, a spacer having a cross-sectional area of several  $\mu\text{m}$  square can be formed. In this technology, photosensitive resin is used as a main component composing the spacer. The following materials are used as the photosensitive resin: polyimide, polyamide, polyvinyl alcohol, polyacrylamide, cyclized rubber, novolak resin, polyester, polyurethane, acrylate resin, bisphenol resin, or photosensitive gelatin. Both of a negative photosensitive resin and a positive photosensitive resin can be used. Among these resins, negative photosensitive polyimide can produce the most excellent orientation and a good control of the gap between the substrates.

[0020] In the present invention, in order to provide the side

of the spacer with a capability of twisting an orientation, for example, it is conceivable to mechanically twist the spacer or to utilize a material orienting in a twisted manner in itself as the spacer.

[0021] As a method of mechanically twisting the spacer, a method can be used in which a spacer made of elastic resin and having a height of several  $\mu\text{m}$  is formed at the predetermined position of a substrate by the use of a photolithography technology or the like, and an opposite substrate is overlaid thereon and bonded thereto and then the opposite substrate is turned. In this method, the side of the spacer is provided with a capability of orienting the liquid crystal by applying a twisting stress to the spacer. However, this method can be applied only to a liquid crystal display element having a small display area (to be more specific, about 3 inches square or smaller) which can guarantee a uniform gap between the substrates if a spacer exists at the center of a display portion.

[0022] In contrast to this, the method of utilizing a material orienting in a twisted manner in itself is more practical as the component of the spacer. This material is added to the photosensitive resin of the main constituent of the spacer, or the like. As such a material, there are side chain type polymer liquid crystal material having a chiral group and a combination of the side chain type polymer liquid crystal

material and a low-molecular organic material having a chiral group. These materials are oriented in a twisted manner if they are subjected to heat treatment in a temperature range showing a liquid crystal phase for a predetermined time. Therefore, the twisted orientation of liquid crystal molecules is realized by an intermolecular force between the constituent of the spacer oriented in a twisted manner and a liquid crystal molecule. In this case, preferably, the material shows a liquid crystal phase (chiral nematic phase) at a temperature of 100°C or more and a solid phase under the temperature. A material showing a liquid crystal phase at a temperature less than 100°C does not act as a support member and might contaminate a liquid crystal material. Further, in the case of forming the spacer on a substrate having a color filter, it is preferable that the material shows a liquid crystal layer in a temperature range about 200°C or less. This is because if it is subjected to heat treatment at a high temperature more than 200°C, the color filter deteriorates remarkably. The materials satisfying the above temperature condition are as follows. As for the side chain type polymer liquid crystal materials having a chiral group, there is, for example, a liquid crystal material made by copolymerizing cholesteryl- $\omega$ -(4-methacryloyl oxyphenyl alkanonate) having 2 alkyl carbons with cholesteryl- $\omega$ -(4-methacryloyl oxyphenyl alkanonate) having 6 alkyl carbons at a polymerization ratio of 1 : 1. As for

a combination of the side chain type polymer liquid crystal material and the low-molecular organic material having a chiral group, there is, for example, a combination of p-cyanobiphenyl-4-methacryloyl oxybenzoate and s(-)-2-methyl-buthyl-methacrylate.

[0023] Heat treatment for providing the side of a spacer with a capability of twisting an orientation may be performed during forming a spacer of resin containing the side chain type polymer liquid crystal material at a predetermined position by the use of the photolithography technology or the like, or may be after the spacer is formed. Also, in the case of using the above material, it is preferable that before the spacer is formed, an oriented film having a capability of orienting liquid crystal is formed. This is because the direction of orientation of the side chain of the side chain type polymer liquid crystal material is regulated by the surface of the oriented film and a spiral axis by the twisted orientation is in the direction vertical to the substrate.

[0024] In the present invention, as a method for providing the side of the spacer with a capability of orienting vertically, there are, for example, a method of making a fine groove on the side of the spacer and a method of using a material orienting vertically in itself as the component of the spacer.

[0025] In order to make the fine groove, the photolithography technology or the like is not used but the following method

is used. That is, resin is formed to have a thickness of several  $\mu\text{m}$  on the substrate and then a masking member is formed at a predetermined position and then the resin is etched by a reactive ion etching method by using the masking member as a mask to form a spacer in a predetermined shape at a predetermined position and then a fine groove is made on the side of the spacer. In this method, the liquid crystal molecules can be oriented vertically by the geometrical shape effect of the side of the spacer.

[0026] In the method of using a material orienting vertically in itself as the component of a spacer, a normal chain type polymer liquid crystal material is used. This material is also added to the photosensitive resin of the major constituent of the spacer and the like. This material is oriented vertically if it is subjected to heat treatment at a temperature range showing a liquid crystal phase for a predetermined time. Therefore, an intermolecular force between the component of the spacer and the liquid crystal molecules realizes the vertical orientation of the liquid crystal molecules. Preferably, also such a normal chain type polymer liquid crystal material shows a liquid crystal phase in the same temperature range as the side chain type polymer liquid crystal material described above, and for example, "Novacurate" ( name of a product made by Mitsubishi Chemicals Corp. Ltd. ) can be used.

[0027] In this case, it is preferable that the oriented film is not yet formed or that the oriented film does not have a capability of orienting the liquid crystal. This is because the oriented film might prevent the normal chain type polymer liquid crystal material from orienting in the vertical direction. In this respect, in order to facilitate the orientation of the normal chain type polymer liquid crystal material, an external field may be applied in the vertical direction.

[0028] A display mode of a liquid crystal display element in accordance with the present invention is not particularly limited. That is, it may be an active matrix type display mode or a simple matrix type display mode, a TN type or a STN type, a transparent type or a reflective type. Examples of these liquid crystal display elements will be described with reference to the drawings.

[0029] FIG. 8 is an exploded view in perspective of one example of three-terminal active matrix type transparent liquid crystal display element using a TN type liquid crystal. In FIG. 8, pixel electrodes 2 and TFT elements (thin film transistor) 11 are formed in a shape of matrix on one glass substrate (TFT array substrate) 1. A plurality of data wirings 21 and a plurality of address wirings 22 are formed between square pixels each of which is constituted by one pixel electrode 2 and one TFT element 11 such that the data wirings

21 and the address wirings 22 cross each other at right angles. The source electrode of the TFT element 11 is connected to the pixel electrode 2 and the drain electrode thereof is connected to the data wiring 21 and the gate electrode thereof is connected to the address wiring 22. An oriented film (not shown) is formed on the surface of such a TFT array substrate 1. A color filter 6, an opposite electrode 7, and an oriented film (not shown) are formed in sequence on the other glass substrate (opposite substrate) 5. A region where the pixel electrode 2 is opposed to the opposite electrode 7 corresponds to a pixel. Between these TFT array substrate 1 and the opposite substrate 5, a seal is arranged at the peripheral portion of the substrate and a spacer (not shown) in accordance with the present invention is arranged at the display portion thereof, thereby regulating a gap between the substrates. A liquid crystal material is injected into the gap between the substrates. Further, in the case of a transparent display, a back light 53 is provided outside the TFT array substrate 1 via a polarizing plate 51 and a diffusing plate 52, and a polarizing plate 54 is provided outside the opposite substrate 5.

[0030] In the liquid crystal display element, the pixel electrode 2 and the opposite electrode 7 are formed of a conductive thin film made of, for example, ITO (indium tin oxide), metal or the like. In the case of the transparent

display element, a material having transparency such as ITO is used as both the electrodes. In the case of the reflective display element, it is essential that only one of both the electrodes be transparent, and the opposite electrode is made transparent in normal times. Also, in this case, the polarizing plate 51, the diffusing plate 52, and the back light 53 are not required to be provided outside the TFT array substrate 1.

[0031] FIG. 9 is an exploded view in perspective of one example of a single matrix type liquid crystal display element. In FIG. 9, on the surface of one glass substrate 1, a plurality of band-like scanning electrodes 31 and an oriented film (not shown) are formed in the direction of X-axis. On the surface of the other glass substrate (opposite substrate) 5, a plurality of band-like display electrodes 32 and an oriented film (not shown) are formed in the direction of Y-axis. A crossing portion where the scanning electrode 31 and the display electrode 32 corresponds to a pixel. Between these glass substrate 1 and glass substrate 5, a seal is arranged at the peripheral portion of the substrate and a spacer in accordance with the present invention is arranged at the display portion, thereby regulating the gap between the substrates. A liquid crystal material is injected into a gap between the substrates.

[0032] A liquid crystal display element in accordance with the

present invention is manufactured by forming an oriented film and a spacer by the above mentioned method on a substrate on which a transparent electrode made of an ITO film and a driving element such as a TFT, a MIM (Metal Insulator Metal) or the like are formed, and then by subjecting them to an assembling process, a liquid crystal injecting process, and the like. Either the oriented film or the spacer may be formed first, or they may be formed at the same time. The order of forming is determined in consideration of the simplicity of the process and the performance of the display element. For example, in the case of using a photosensitive resin as the material of the spacer, if the photosensitive resin is prebaked, exposed to light, subjected to heat treatment again at the substrate side, and then is developed, the spacer and the oriented film can be formed at the same time. That is, if the photosensitive resin is subjected to the heat treatment after it is exposed to light, the photosensitive resin at the substrate side is polymerized and a dissolving speed to a developer is reduced and hence this portion remains after it is developed. Therefore, if the portion is subjected to orientation treatment, the portion can be utilized as an oriented film. The adoption of this method eliminates a process for forming an oriented film independently.

[0033] It is preferable that the spacer is formed, for example, at the end portion of a pixel. Also, in the liquid crystal

display element in which a driving element is formed on one substrate, it is preferable that a spacer is formed at the recessed portion in the center of the driving element.

[0034] [Function] In a liquid crystal display element in accordance with the present invention, the side of the spacer has a comparatively flat shape and a capability of orienting the liquid crystal, and hence it can stably orient liquid crystal molecules in the vicinity of the spacer without a special material. Therefore, a reduction in contrast caused by disturbance in the orientation of the liquid crystal molecules can be prevented, which can improve display quality.

[0035] Also, in the case of using a material having the property of orienting in itself as a constituent of the spacer, the spacer itself has an optical rotating power, that is, a light obstructing property. Therefore, this can reduce the amount of light passing through the spacer and can achieve high quality display without using a black matrix reducing an aperture ratio even in an NB display making an extremely severe demand for a black level. In this case, if the other material capable of improving a light obstructing property is used in conjunction with it as a constituent of the spacer, larger effects can be expected.

[0036] Further, in a liquid crystal display element having a driving element on one substrate, the amount of light applied to the driving element can be controlled by forming a spacer

at the recessed portion in the center of the driving element. This can prevent the malfunction of the driving element caused by the excessive irradiation with light and can further improve the display quality. In this case, if the spacer itself has a light obstructing property, larger effects can be expected as described above.

[0037] [Preferred Embodiments of the Invention] The preferred embodiments in accordance with the present invention will be described with reference to the drawings. In this respect, in the following preferred embodiments and comparative examples, an active matrix type liquid crystal cell using a TN type liquid crystal as a liquid crystal display element was manufactured and its characteristics were evaluated.

#### Embodiment 1

[0038] A spacer forming material was previously prepared in the following way. According to a method by Funkelmann et al. (see Macromol. Chem., 179, 829 (1978)), among cholesteryl- $\omega$ -(4-methacryloyl oxyphenyl alkanonate), liquid crystal materials having two or six alkyl carbons were synthetically prepared and these two liquid crystal materials were copolymerized at a polymerization ratio of 1 : 1 to synthesize a side chain type polymer liquid crystal material. The obtained side chain type polymer liquid crystal material is added to a solution of photosensitive polyimide (made by Ciba-Geigy, name of product: Probimide 400) to make a spacer

forming material.

[0039] One glass substrate (TFT array substrate) 1 having display electrodes 2 and TFT elements 11 formed in a matrix manner on the surface thereof, as shown in FIG. 1 and FIG. 2, was prepared. The structure of the TFT element 11 is as follows. That is, a gate electrode 12, a gate insulating film 13, and a semiconductor layer 14 are formed in sequence on the glass substrate 1. A source region and a drain region (both are not shown) are formed in the semiconductor layer 14. A source electrode 15 and a drain electrode 16 connected to these regions are formed on the semiconductor layer 14. The source electrode 15 is connected to the display electrode 2. The drain electrode 16 is connected to a data wiring and the gate electrode 12 is connected to an address wiring. As shown in FIG. 2, the TFT element 11 is formed at the corner of the display electrode 2, and one display electrode 2 and one TFT element 11 constitutes one pixel of  $130\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ .

[0040] A solution of thermosetting polyimide (made by Japan Synthetic Rubber, name of product: Optomer AL-1051) was applied to this TFT array substrate 1 with a roll coater and then was heated and dried at  $200^{\circ}\text{C}$  for 1 hour. The surface of this polyimide film was subjected to a rubbing treatment by a roller provided with cloth to form an oriented film 3.

[0041] The oriented film 3 was spin-coated with the spacer forming material described above at a rotational speed of

2500rpm for 25 seconds. The TFT array substrate was placed on a hot plate and the spacer forming material was prebaked at 110°C for 15 minutes. A photomask 101 shown in FIG. 3 was arranged at a distance of 6 $\mu$ m over the surface of the cured film. In this photomask 101, a light passing portion 110 having a diameter of 10 $\mu$ m was made at every 260 $\mu$ m in the longitudinal direction and at every 200 $\mu$ m in the lateral direction and the other portion constituted light obstructing portion 120. Also, as shown in FIG. 2, the photomask 101 was positioned such that the light passing portion 110 overlapped a position diagonal to the TFT element 11 of the alternate display electrodes 2 (position where the spacer is to be formed) on the TFT array substrate.

[0042] The cured film was exposed to parallel light of 400 mJ/cm<sup>2</sup> via the photomask 101. A developer (made by Ciba-Geigy, QZ3301) was sprayed over the cured film under pressure by a nitrogen gas to develop it and then a mixed solution of the developer and a rinse liquid (made by Ciba-Geigy, QZ3311) was sprayed over the cured film, and the cured film was rinsed with a rinse liquid (made by Ciba-Geigy, QZ3312) and further the cured film was spin-dried by the use of a nitrogen gas. The development conditions were as follows:

pressure of nitrogen gas;	2.5 kg/cm <sup>2</sup>
amount of jet of developer;	10 ml/min.
developing time;	240 seconds

overlapping time; 10 seconds

rinsing time; 10 seconds

spin- drying time by nitrogen; 20 seconds

[0043] After the developing treatment was finished, the substrate was heated at 200°C for 1 hour to evaporate the solvent. A side chain type polymer liquid crystal material was kept in a chiral smectic phase and was oriented in a twisted manner by the heating treatment. The substrate was cooled naturally to a room temperature to form a spacer 4.

[0044] Next, the other glass substrate (opposite substrate) 5 was prepared on which a color filter 6 with a protective film on the surface thereof and an opposite electrode 7 were formed in sequence. A solution of thermosetting polyimide (made by Japan Synthetic Rubber, name of product: Optomer AL-1051) was applied to the opposite substrate 5 with a roll coater and then was heated and dried at 200°C for 1 hour. The surface of this polyimide film was subjected to a rubbing treatment by a roller provided with cloth to form an oriented film 8. A thermosetting epoxy resin (made by Mitsusi Chemicals, Inc., name of product: Structbond) was screen-printed on the peripheral portion of the opposite substrate 5 as a sealing material.

[0045] These TFT array substrate 1 and the opposite substrate 5 were combined with each other such that they were opposed to each other, and then were heated at 180°C for 1 hour, and

then were naturally cooled to a room temperature to form a liquid crystal cell. The liquid crystal cell was put into a vacuum chamber and a nematic liquid crystal composition (made by Merk Co., ZLI- 1370) 9 was injected into the liquid crystal cell under vacuum. An injection port was sealed with an ultraviolet cure adhesive. Further, the cell was cleaned and then polarizing plates were arranged outside the TFT substrate and the opposite substrate, respectively, such that the oscillating planes of light passing through the polarizing plates were parallel to each other.

#### Embodiment 2

[0046] The present embodiment is different from the embodiment 1 in the position where a spacer 4 is formed. That is, as shown in FIG. 4, a spacer 4 was formed at the recessed portion in the center of a TFT element 11 formed on a TFT array substrate 1. Except for this, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that was used in the embodiment 1.

#### Embodiment 3

[0047] In the present embodiment, an oriented film was formed on a TFT array substrate by the following method different from the method used in the embodiment 1. A TFT array substrate 1 having display electrodes 2 and TFT elements 11 formed in a shape of matrix on the surface thereof was spin-coated with a 5 percent photosensitive polyimide solution (made by

Ciba-Geigy, name of product: Probimide 400) at a rotational speed of 3000 rpm for 25 seconds. The TFT array substrate 1 was placed on a hot plate and was heated at 110°C for 15 minutes to prebake the photosensitive polyimide. A photomask 102 shown in FIG. 5 was arranged at a distance of 6 $\mu$ m over the surface of the cured film. In the photomask 102, light passing portions 110 having a width of 0.2 $\mu$ m and light obstructing portions 120 having a width of 1.0 $\mu$ m were formed in stripes. The cured film was exposed to parallel light of 180 mJ/cm<sup>2</sup> through the photomask 102 and then was subjected to the spray development as is the case with the embodiment 1. The development conditions were as follows:

amount of jet of developer;	10 ml/min.
pressure of nitrogen gas;	2.5 kg/cm <sup>2</sup>
developing time;	60 seconds
overlapping time;	10 seconds
rinsing time;	15 seconds
spin-drying time by nitrogen;	10 seconds

[0048] After the development was finished, the substrate was heated and dried at 250°C for 1 hour and then was cooled naturally to a room temperature to form an oriented film 3. Except for this process, the liquid crystal display element was manufactured in the absolutely same way that was used in the embodiment 1.

Embodiment 4

The present embodiment was different from the embodiments 1 to 3 in that a spacer was formed on an opposite substrate 5.

[0049] First, as is the case with the embodiment 1, a polyimide film was formed on a TFT array substrate having display electrodes and TFT elements formed on the surface thereof and then was subjected to a rubbing treatment to form an oriented film.

[0050] Next, an opposite substrate 5 having a color filter 6 with a protective film and an opposite electrode 7 formed on the surface thereof was prepared. The opposite substrate 5 was spin-coated with a solution of soluble polyimide (made by Ciba-Geigy, name of product: Probimide 200) at a rotational speed of 2000rpm for 30 seconds, and then was heated and dried at 180°C for 1 hour. A Mo layer having a thickness of 1 $\mu$ m was formed on the polyimide film by a sputtering method. The Mo layer was subjected to photo-etching to form a masking member made of Mo having a diameter of 10 $\mu$ m at the corner of alternate pixels in correspondence to the color filter 6, as shown in FIG. 6.

[0051] This opposite substrate was put into a vacuum chamber and the chamber was evacuated to vacuum and then an O<sub>2</sub> gas was introduced into the chamber and a portion of the polyimide film which was not masked by the masking member was subjected to a reactive ion etching by applying an Ar<sup>+</sup> ion beam thereto.

The conditions of the reactive ion etching were as follows:

O<sub>2</sub> gas concentration             $1 \times 10^{-4}$  Torr

intensity of irradiation        200 W

irradiating time                5 minutes

[0052] A spacer having fine grooves in the direction vertical to the substrate and an oriented film were formed at the same time. That is, an etching of the polyimide film under the conditions described above does not reach the surface of the substrate. Therefore, remaining thin film portion can be used as an oriented film. Next, Mo used as a masking material was etched and then the oriented film was subjected to a rubbing treatment by a roller provided with cloth. Then, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that was used in the embodiment 1.

#### Embodiment 5

[0053] In the present embodiment, an oriented film was formed on a TFT array substrate by the use of a photosensitive resin by the same method that was used in the embodiment 3. A spacer and an oriented film were formed on an opposite substrate by the same method that was used in the embodiment 4. Then, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that is used in the embodiment 1.

#### Comparative example 1

[0054] A solution of thermosetting polyimide (made by Japan Synthetic Rubber, name of product: Optomer AL-1051) was applied

to a TFT array substrate having display electrodes and TFT elements formed in a shape of matrix on the surface thereof with a roll coater and then was heated and dried at 200°C for 1 hour. The surface of the polyimide film was subjected to a rubbing treatment by a roller provided cloth to form an oriented film. A spherical spacer dispersing ethanol liquid ( made by Sekisui Fine Chemicals, Corp., name of product: Micropal SP- 205 ) was sprayed on the oriented film.

[0055] On the other hand, a solution of thermosetting polyimide ( made by Japan Synthetic Rubber, name of product: Optomer AL-1051 ) was applied to an opposite substrate having a color filter with a protective film and an opposite electrode formed on the surface thereof in sequence and was heated and dried at 200°C for 1 hour. The surface of the obtained polyimide film was subjected to a rubbing treatment by a roller provided with cloth to form an oriented film. A thermosetting epoxy resin (made by Mitsusi Chemicals, Inc., name of product: Structbond) was screen-printed on the opposite substrate as a sealing material. Then, a liquid crystal display element was manufactured by the same method that was used in the embodiment 1. The liquid crystal cells of these embodiments 1 to 5 and the comparative example 1 were observed and the following characteristics of the liquid crystal cells were evaluated. The results will be shown in table 1.

Characteristic 1) state of orientation when voltage was not

applied (visual observation)

Characteristic 2) state of orientation when voltage was not applied (observation with a microscope)

Characteristic 3) V-T characteristic (relationship between voltage of liquid crystal cell and amount of passing light)

Characteristic 4) contrast ratio (amount of passing light when voltage was applied : amount of passing light when voltage was not applied)

Characteristic 5) state of display of moving picture after 500 hours at high temperature (85°C) in the like test

[0056] [Table 1 ]

	Embodi- ment 1	Embodi- ment 2	Embodi- ment 3	Embodi- ment 4	Embodi- ment 5	Compa- rative example 1
Characte- ristic 1)	good	good	good	good	good	good
Characte- ristic 2)	good	good	good	good	good	defec- tive
Characte- ristic 3)	normal	normal	normal	normal	normal	normal
Characte- ristic 4)	115:1	120:1	110:1	105:1	100:1	80:1
Characte- ristic 5)	good	good	good	good	good	defec- tive

[0057] It was found by the observation of the liquid crystal cell of the comparative example 1 with a microscope that the periphery of the spacer blurred white in the dark visual field showing good orientation, that is, defective orientation was produced at the periphery of the spacer. Also, the spherical spacer looked bright because light passed through them. It

is thought that a reduction in contrast ratio was caused by this in the comparative example 1. In contrast to this, in the embodiments 1 to 5, the state of orientation was good and a high contrast ratio was obtained.

[0058] In this respect, while an active matrix type liquid crystal cell using a TN type liquid crystal as a liquid crystal display element was manufactured in the above embodiments, the present invention can be applied also to a simple matrix type liquid crystal display element.

[0059] An example of the simple matrix type liquid crystal display element will be described with reference to FIG. 7. As shown in FIG. 7, a solution of thermosetting polyimide was applied to one glass substrate 1 having scanning electrodes 31 formed on the surface thereof and was heated and dried, and then a cured polyimide film was subjected to a rubbing treatment to form an oriented film 3. For example, as is the case with the embodiment 1, a spacer forming material was applied to the oriented film 3 and was prebaked and then was exposed to light and was developed, and was further subjected to heating treatment to form a spacer 4 having a capability of twisting an orientation. Next, a solution of thermosetting polyimide was applied to the other glass substrate (opposite substrate) 5 having display electrodes 32 formed on the surface thereof and was heated and dried and was subjected to a rubbing treatment, thereby forming an oriented film 8. A

thermosetting epoxy resin was screen-printed on the peripheral portion of the opposite substrate 5 as a sealing material and then the glass substrate 1 was combined with the opposite substrate 5 such that they were opposed to each other and then they were heated to manufacture a liquid crystal cell. A liquid crystal composition 9 was injected into the liquid crystal cell and an injection port was closed. Also in this case, the same effect could also be produced that was produced in the embodiments described above.

[0060] In the following embodiments, a method of forming a spacer and an oriented film at the same time will be described, in which a photosensitive resin was used as the material for the spacer and was prebaked and exposed to light and then was subjected to heat treatment and then was developed.

#### Embodiment 6

[0061] A TFT array substrate on which display electrodes and TFT elements were formed was spin-coated with photosensitive polyimide (made by Ciba-Geigy, name of product: Probimide 412) at a rotational speed of 1500rpm. The TFT array substrate was placed on a hot plate and a polyimide film was prebaked under ordinary conditions of 110°C for 15 minutes.

[0062] The polyimide film was exposed to light via a photomask on which the pattern of the spacer was formed. The substrate was placed on the hot plate and then was heated again at 170°C for 10 minutes at the substrate side. The photosensitive resin

at the substrate side was polymerized and a dissolving speed to the developer was reduced at a part irradiated with light and at a part polymerized by heat treatment. The photosensitive resin was developed as is the case with the embodiment 1. The conditions of development were as follows:

pressure by nitrogen gas	1.3 to 2.5 kg/cm <sup>2</sup>
amount of jet of developer	8 to 10 ml/min.
developing time	240 seconds
overlapping time	10 seconds
rinsing time	10 seconds
spin-drying time with nitrogen	20 seconds

[0063] This TFT array substrate was put into an exhaust type oven and a polyimide film was cured at 250°C for 1 hours. As a result, a cylindrical spacer having a height of 5 $\mu$ m and a diameter of 15 $\mu$ m and an oriented film having a thickness of 120 $\mu$ m were formed. The oriented film was subjected to a rubbing treatment.

[0064] On the other hand, a thermosetting polyimide was applied to an opposite substrate on which a color filter, a black matrix and an transparent electrode are formed and then was subjected to a rubbing treatment to form an oriented film. A sealing material was screen-printed on the peripheral portion of the opposite substrate. The TFT array substrate was combined with the opposite substrate and the sealing material was heated and cured under pressure to manufacture a cell. At this time, the

spacer was placed on the black matrix. Liquid crystal was injected into the cell and an injection port was sealed to manufacture a liquid crystal display element.

[0065] The accuracy of the gap between the substrates was  $\pm 0.1\mu\text{m}$  on the whole surface of the obtained liquid crystal display element having a diagonal of 4 inches. Also, it was found that the state of orientation was good. Further, since the spacer was placed on the black matrix, a passing of light and a reduction in aperture ratio were not caused by the spacer and the failure of the TFT could be prevented.

#### Embodiment 7

[0066] As is the case with the embodiment 6, photosensitive polyimide (Probimide 412) was applied to a TFT array substrate and was prebaked and exposed to light and was subjected to heat treatment. Here, the conditions of the heat treatment after exposure were different from those of the embodiment 6 and the heat treatment was performed at  $200^{\circ}\text{C}$  for 10 minutes. This photosensitive polyimide was developed and cured under the same conditions that were used in the embodiment 6. As a result, a spacer of  $5\mu\text{m}$  in height and  $15\mu\text{m}$  in diameter and an oriented film of  $150\text{nm}$  in thickness were formed. The oriented film was subjected to a rubbing treatment. Then, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that was used in the embodiment 6. The accuracy of the gap between the substrates was  $\pm 0.1\mu\text{m}$  on whole surface of the obtained liquid

crystal display element having a diagonal of 4 inches. It was found that the state of orientation was good.

#### Embodiment 8

[0067] A TFT array substrate on which display electrodes and TFT elements were formed was spin-coated with photosensitive polyimide (made by Ciba-Geigy, name of product: Probimide 408) at a rotational speed of 1200rpm. The TFT array substrate was placed on a hot plate and the polyimide film was prebaked under ordinary conditions of 110°C and 10 minutes. The polyimide film was exposed to light and subjected to heat treatment under the same conditions that were used in the embodiment 6 and was developed and cured under the same conditions that were used in the embodiment 6 except for a developing time of 100 seconds. As a result, a cylindrical spacer having a height of 2 $\mu$ m and a diameter of 10 $\mu$ m and an oriented film having a thickness of 100nm were formed. The oriented film was subjected to a rubbing treatment. Then, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that were used in the embodiment 6. The accuracy of the gap between the substrates was  $\pm 0.2\mu$ m on whole surface of the obtained liquid crystal display element having a diagonal of 4 inches. It was found that the state of orientation was good.

#### Embodiment 9

[0068] As is the case with the embodiment 6, photosensitive polyimide was applied to a TFT array substrate and was prebaked,

exposed to light, and subjected to heat treatment. Here, the conditions of the heat treatment after exposure were different from those of the embodiment 6 and the heat treatment was performed with an exhaust type oven at 120°C for 1 hour. The photosensitive polyimide was developed and cured under the same conditions that were used in the embodiment 6. As a result, a spacer having a height of 5 $\mu$ m and a diameter of 15 $\mu$ m and an oriented film having a thickness of 15nm were formed. The oriented film was subjected to a rubbing treatment. Then, a liquid crystal display element was manufactured in the same way that was used in the embodiment 6. The accuracy of the gap between the substrates was  $\pm 0.2\mu$ m on whole surface of the obtained liquid crystal display element having a diagonal of 4 inches.

[0069] In this regard, it was observed that there was a region where the orientation of the liquid crystal was defective in the vicinity of the spacer, in particular, in the rear of the spacer with respect to the direction of rubbing. However, since the direction of the rubbing treatment was made parallel to black stripes to put the region where the orientation was defective under the black stripes, the display portion did not suffer any effects and could produce good display results.

#### Comparative example 2

[0070] As is the case with the embodiment 6, photosensitive polyimide (Probimide 412) was applied to a TFT array substrate

and was prebaked and exposed to light, but was not subjected to heat treatment after exposure. The photosensitive polyimide was developed and cured under the same conditions that were used in the embodiment 6. As a result, a spacer having a height of 5 $\mu$ m was formed, but all the portion, except for the spacer, which is not irradiated with ultraviolet, was flaked off by the development and an oriented film was not formed.

[0071] [Effects of the Invention] As is described above in detail, the present invention produce a remarkable effect in providing a liquid crystal display element realizing all of the uniform gap between the substrates, a high aperture ratio, and a high display quality without using a special material. In particular, the present invention is effective in producing excellent performance capabilities of V-T characteristics, contrast, and the state of moving picture display in a liquid crystal display element of a twisted nematic (NT) type display mode or a super-twisted nematic (STN) type display mode.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is a cross-sectional view of an active matrix type liquid crystal display element in the embodiment 1 in accordance with the present invention.

[FIG. 2] FIG. 2 is a plan view showing a position where a spacer is formed on a TFT array substrate in relation to a liquid crystal display element in the embodiment 1 in accordance with

the present invention.

[FIG. 3] FIG. 3 is a plan view showing a photomask used for forming a spacer in relation to a liquid crystal display element in the embodiment 1 in accordance with the present invention.

[FIG. 4] FIG. 4 is a plan view showing a position where a spacer is formed on a TFT array substrate in relation to a liquid crystal display element in the embodiment 2 in accordance with the present invention.

[FIG. 5] FIG. 5 is a plan view showing a photomask used for forming a spacer in relation to a liquid crystal display element in the embodiment 3 in accordance with the present invention.

[FIG. 6] FIG. 6 is a plan view showing a position where a spacer is formed on an opposite substrate in relation to a liquid crystal display element in the embodiment 4 in accordance with the present invention.

[FIG. 7] FIG. 7 is a cross-sectional view of a simple matrix type liquid crystal display element in the other embodiment in accordance with the present invention.

[FIG. 8] FIG. 8 is an exploded view in perspective of an active matrix type liquid crystal display element.

[FIG. 9] FIG. 9 is an exploded view in perspective of a simple matrix type liquid crystal display element.

[Brief Description of the Reference Numerals]

1- glass substrate (TFT array substrate), 2- pixel electrode,  
3- oriented film, 4- spacer, 5- glass substrate (opposite

substrate), 6- color filter, 7- opposite electrode, 8- oriented film, 9- liquid crystal material, 11- TFT element, 12- gate electrode, 13- gate insulating film, 14- semiconductor layer, 15- source electrode, 16- drain electrode, 21- data wiring, 22- address wiring, 31- scanning electrode, 32- display electrode, 51- polarizing plate, 52- diffusing plate, 53- back light, 54- polarizing plate, 101, 102- photomask, 110- light passing portion, 120- light obstructing portion.

[FIG. 1]

1. glass substrate
2. pixel electrode
3. oriented film
4. spacer
5. glass substrate
6. color filter
7. opposite electrode
8. oriented film
9. liquid crystal material
11. TFT elements

[FIG. 2]

[FIG. 3]

[FIG. 4]

[FIG. 5]

[FIG. 6]

[FIG. 7]

[FIG. 8]

[FIG. 9]